



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 27 223 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 02 B 1/10**  
H 01 K 1/32  
E 04 F 13/08  
E 04 B 2/88  
C 03 C 17/00

②1 Aktenzeichen: 197 27 223.1  
②2 Anmeldetag: 26. 6. 97  
④3 Offenlegungstag: 4. 2. 99

DE 197 27 223 A 1

⑦1 Anmelder:  
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung eV, 80636 München, DE

⑦4 Vertreter:  
Münch. Rösler Anwaltskanzlei, 80689 München

⑦2 Erfinder:  
Gombert, Andreas, Dipl.-Ing., 79106 Freiburg, DE;  
Glaubitt, Walther, Dipl.-Ing., 97209 Veitshöchheim,  
DE

⑤6 Entgegenhaltungen:  
DE-PS 8 51 663  
DE-AS 26 13 398  
DE 38 06 124 A1  
DE-GM 71 41 928

DZER, N. u.a.: Optical properties of sol-gel spin-coated, TiO<sub>2</sub> films and comparison of the properties with ion-beam-sputtered films, in: Applied Optics, 1991, Vol. 30, No. 25, S. 3661-3666;

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Schichtsystem zur Beeinflussung des sich durch Reflexion an einer Substratoberfläche ergebenden spektralen Farbeindrucks

⑤7 Beschrieben wird ein Schichtsystem, das wenigstens einseitig auf ein optisch transparentes, flächig ausgebildetes Substrat aufbringbar ist und zur Beeinflussung des sich durch Reflexion an der Oberfläche des Schichtsystems ergebenden spektralen Farbeindrucks dient. Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß das Schichtsystem aus optisch transparentem Material besteht, dessen Brechungsindex gleich oder in etwa der Quadratwurzel des Brechungsindex des Substrates entspricht.

DE 197 27 223 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Schichtsystem, das wenigstens einseitig auf ein optisch transparentes, flächig ausgebildetes Substrat aufbringbar ist und zur Beeinflussung des sich durch Reflexion an der Oberfläche des Schichtsystems ergebenden spektralen Farbeindrucks dient.

Vorstehend genannte Schichtsysteme werden häufig bei Anwendungen aus der Beleuchtungstechnik, der Solartechnik oder der Architekturverglasung, bei denen das farbige Erscheinungsbild von Glasabdeckungen eine wichtige Rolle spielen, gewünscht und eingesetzt. Die Farbgebung des optischen Erscheinungsbildes von Glasabdeckungen erfolgt in der Regel durch wellenlängenselektive Absorption bzw. durch Interferenzerscheinungen. Bei vielen Anwendungen soll jedoch die Farbgebung nur in Reflexion sichtbar in Erscheinung treten, wohingegen die transmittierende Strahlung von den farbgebenden Maßnahmen möglichst unbeeinflusst sein soll.

Anhand der nachfolgenden zwei Beispiele soll dieser Umstand näher erläutert werden:

Als "All weather H4-Lampen" werden KFZ-Scheinwerfer Halogenlampen bezeichnet, deren Glaskolben für das auf ihr einfallende Licht einen gelben Farbeindruck hervorrufen, wodurch der Eindruck geweckt wird, daß diese Lampen für schwierige Witterungsbedingungen besonders geeignet seien. Der gelb erscheinende Farbeindruck rührt jedoch vorwiegend von der in Reflexion auf die Glasoberfläche des Glaskolbens auftreffende Lichtstrahl her, wohingegen die Farbe des transmittierenden Lichtes nur unwesentlich beeinflusst wird.

Dieser Lampentyp ist durch ein klassisches Mehrschicht-Interferenzsystem auf dem Glaskolben vergütet. Absorbierende Systeme kommen bei dieser Anwendung jedoch nicht in Betracht, zumal durch diese Systeme die Temperatur innerhalb des Glaskolbens der Halogenlampe im Betrieb zu stark erhöht würde.

Damit durch eine Interferenzbeschichtung auf der Außenseite des Glaskolbens eine ausreichende Farbsättigung erhalten wird, muß das Interferenzschichtsystem vier übereinander angeordnete Schichten, typischerweise sechs bis acht Einzelschichten aufweisen, wodurch die Herstellung derartiger Glaskolben sehr teuer ist. Zudem ist das direkt transmittierte Licht im gelben Spektralbereich deutlich reduziert, was einen zusätzlichen Nachteil darstellt.

Ein weiteres Beispiel für die Anwendung einer farbgebenden Vergütung an lichttransparenten Oberflächen stellen Solarfassaden dar, die an Gebäudefassaden solare Systeme, wie beispielsweise thermische oder photovoltaische Systeme, vorsehen und aus architektonischen Gründen eine geeignete Farbgebung aufweisen sollen. Aus energetischen Gründen ist die Absorption der solaren Systeme im sichtbaren Bereich optimiert.

Es muß also ein Kompromiß zwischen energetischen und ästhetischen Gesichtspunkten gefunden werden, so daß im Falle von photovoltaischen Systemen farbgebende Entspiegelungsschichten an der Oberfläche von Solarzellen aufgebracht werden, die den Wirkungsgrad von Solarzellen nur unwesentlich verschlechtern. Im Gegensatz hierzu existiert für thermische Systeme jedoch noch keine zufriedenstellende Lösung, da eine optische Oberflächenvergütung zugleich auch eine Beeinträchtigung des schwarzen Strahlers darstellt und somit seine Absorptionseigenschaft nachhaltig beeinträchtigt.

Die vorstehend genannten Systeme werden in an sich bekannter Weise durch eine Glasscheibe abgedeckt, so daß eine Beschichtung der Glasscheibe für eine gewünschte Farbgebung, bei gleichzeitiger Strahlungs-transmissionser-

höhung, ideal wäre. Gerade vor dem schwarzen Hintergrund des solaren Systems wäre auf diese Weise eine sehr gute Farbsättigung erzielbar.

Den bekannten Beschichtungssystemen haftet jedoch der Nachteil an, daß für die Einstellung für einen bestimmten Farbeindruck das spektrale Transmissionsvermögen, der auf diese Weise beschichteten Glasscheiben negativ beeinflusst wird, d. h. die Transmission ist zumindest in bestimmten Spektralbereichen reduziert.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Schichtsystem, das wenigstens einseitig auf ein optisch transparentes, flächig ausgebildetes Substrat aufbringbar ist und zur Beeinflussung des sich durch Reflexion an der Oberfläche des Schichtsystems ergebenden spektralen Farbeindrucks dient, derart weiterzubilden, daß der Farbeindruck, der im wesentlichen durch Interferenz der an dem Schichtsystem reflektierten Strahlen erzeugbar ist, weitgehend individuell einstellbar ist ohne dabei Einbußen im Transmissionsvermögens, wie es durch das transparente Substrat vorgegeben ist, zu erleiden.

Die Lösung der der Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe ist im Anspruch 1 angegeben. Den Erfindungsgedanken weiterbildende Merkmale sind Gegenstand der Unteransprüche.

Erfindungsgemäß ist ein Schichtsystem, das wenigstens einseitig auf ein optisch transparentes, flächig ausgebildetes Substrat aufbringbar und zur Beeinflussung des sich durch Reflexion an der Oberfläche des Schichtsystems ergebenden spektralen Farbeindrucks dient, derart ausgebildet, daß das Schichtsystem aus optisch transparentem Material besteht, dessen Brechungsindex gleich oder in etwa der Quadratwurzel des Brechungsindex des Substrates entspricht.

Es ist erfindungsgemäß erkannt worden, daß sich Farbsättigungseffekte an Substratoberflächen, an denen Strahlung reflektiert wird, dann ohne Einbußen im Transmissionsgrad erzielt werden können, wenn das Substrat vorzugsweise beidseitig mit einem Schichtsystem überzogen ist, dessen Brechungsindex der Quadratwurzel des Brechungsindex des Substrates entspricht.

Für normales Silikatglas, das als Substrat dient, und einen Brechungsindex von  $n = 1,5$  aufweist, sollte daher der Brechungsindex für das Schichtsystem  $n = 1,22$  betragen.

Für Materialien mit einem derart geringen Brechungsindex eignen sich vorzugsweise mit Luft vermischte Festkörper zu einem porösen Material. Derartig poröse Mischungen stellen beispielsweise Sol-Gel-Schichten dar, die beispielsweise durch Sputterverfahren oder Bedampfungsverfahren im Vakuum auf die flächig ausgebildeten, optisch transparenten Glassubstrate aufgebracht werden können.

Ebenso dienen periodisch strukturierte Rechteckgitter für derartige Schichtsysteme, deren Periodenlänge im Subwellenlängenbereich liegt. Derartige periodisch strukturierte Rechteckgitter können auf das Glassubstrat oder vorzugsweise auf eine darauf aufgebrachte Beschichtung durch Prägeprozesse übertragen werden und wirken in der Reflexion optisch weitgehend wie eine homogene Beschichtung.

Ebenso können derartige periodisch strukturierte Rechteckgitter auf Folien übertragen werden, die wiederum auf das Glassubstrat laminierbar sind.

Vorzugsweise ist das Glassubstrat beidseits mit dem vorstehend beschriebenen Schichtsystem zu versehen.

Typische Schichtdicken liegen zwischen 80 und 700 nm, so daß Licht durch Interferenz, das senkrecht auf ein derartiges Schichtsystem einfällt, bei bestimmten Wellenlängen nicht reflektiert, sondern ausschließlich das Schichtsystem sowie das Glassubstrat unbeeinträchtigt transmittiert. In bestimmten spektralen Bereichen kann auf diese Weise sogar eine Transmissionserhöhung erreicht werden, verglichen

mit dem Zustand eines unbeschichteten Glassubstrates.

Die Erfindung soll anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die nachstehenden Figuren ohne Einschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens beschrieben werden. Es zeigen:

**Fig. 1** Diagrammdarstellung zum Vergleich einer unbeschichteten und beschichteten, absorptionsfreien Glasscheibe,

**Fig. 2** Farbdigrammdarstellung nach DIN 5033 sowie

**Fig. 3** Diagramm zur Transmissionsdarstellung niederbrechender Schichtsysteme auf Glasscheiben am Beispiel einer porösen Sol-Gel-Beschichtung.

In **Fig. 1** ist das Reflexionsvermögen eines Glassubstrates mit einem Brechungsindex von 1,5, das mit einem erfindungsgemäßen Schichtsystem mit einem Brechungsindex  $n = 1,22$  beidseitig beschichtet ist, dargestellt. Auf der Abszisse ist hierzu der Wellenlängenbereich 0,2 bis 2,0 Mikrometer sowie auf der Ordinate Reflexionswerte von 0 bis 10% aufgetragen.

In an sich bekannter Weise beträgt der Reflexionsgrad an einer unbeschichteten Glasoberfläche weitgehend unabhängig von der Wellenlänge etwa 8%. Im Unterschied hierzu weist eine erfindungsgemäß beschichtete Glasoberfläche Interferenzmaxima in der Reflexion auf, deren Maximalwerte nicht höher als die Reflexionswerte der unbeschichteten Glasscheibe liegen. Dies jedoch stellt einen wesentlichen Vorteil des erfindungsgemäßen Schichtsystems gegenüber klassischen Interferenz-Schichtsystemen dar, die wenigstens eine Schicht mit einem höherem Brechungsindex als denjenigen des Glassubstrates aufweisen und dadurch in den Frequenzbereichen, in denen jeweils Reflexionsmaxima auftreten auch deutliche Reflexionsüberhöhungen aufweisen.

Neben der genauen Einstellung des Brechungsindex des erfindungsgemäßen Schichtsystems, vorzugsweise auf den Wert der Quadratwurzel des Brechungsindex des flächig ausgebildeten Substrates, spielt die Einstellung der Schichtdicke eine den Farbton in Reflexion bestimmende Rolle. Durch die genaue Einstellung der beiden vorgenannten Parameter können bestimmte Farben bei optimierter Farbsättigung erreicht werden.

In **Fig. 2** sind die Farborte einer Glasscheibe, deren Brechungsindex 1,5 beträgt und eine beidseitige Beschichtung mit einem Brechungsindex von  $n = 1,22$  aufweist, in CIE-Farbkoordinaten gemäß dem CIE (1931-Diagramm) dargestellt. Der sogenannte Unbuntpunkt ist durch ein schwarzes eingetragenes Dreieck dargestellt, Ausschnitte des Spektralfarbenzuges sind hingegen strichliert in das Diagramm eingetragen. Die Kurve des Farbortes beginnt bei der Schichtdicke 0 am Unbuntpunkt. Mit zunehmender Schichtdicke folgen die Farborte der eingezeichnete Kurve. Die Schichtdicken 100 nm bis 600 nm sind zu jedem vollen Hunderter ausgewiesen. Aus dem Diagramm kann entnommen werden, daß alle Farben dargestellt werden können, daß jedoch ausschließlich für Blau-, Purpur- und Gelbtöne eine sehr gute Farbsättigung, d. h. geringster Abstand zum Spektralfarbenzug, erzielbar ist. Gerade für diese Farben kann auch der inhärente Nachteil, der Interferenzbeschichtungen anhaftet, die sogenannte Winkelabhängigkeit, weitgehend minimiert werden.

In **Fig. 3** sind gemessene Spektren dreier unterschiedlicher Schichtsysteme auf der Basis poröser Sol-Gel-Beschichtungen dargestellt. Aus den Minima und Maxima aufweisenden Diagrammzügen kann entnommen werden, daß durch geeignete Wahl von porösen Sol-Gel-Beschichtungen Glasscheiben individuell eingefärbt werden können. Je nach Mischungsverhältnis, bzw. Porosität kann das Reflexionsvermögen, bei weitgehend unbeeinträchtigten Transmissi-

onseigenschaften über weite Bereiche des Spektralbereiches eingestellt werden.

Ein weiterer Vorteil von porösen Sol-Gel-Schichtsystemen liegt in ihrer anorganischen Natur, die eine hohe Witterungs- und Temperaturbeständigkeit aufweisen. Diese Eigenschaften machen das erfindungsgemäße Schichtsystem besonders interessant für die Vergütung von Außenfassaden und alljene Oberflächen, die der atmosphärischen Witterung frei ausgesetzt sind.

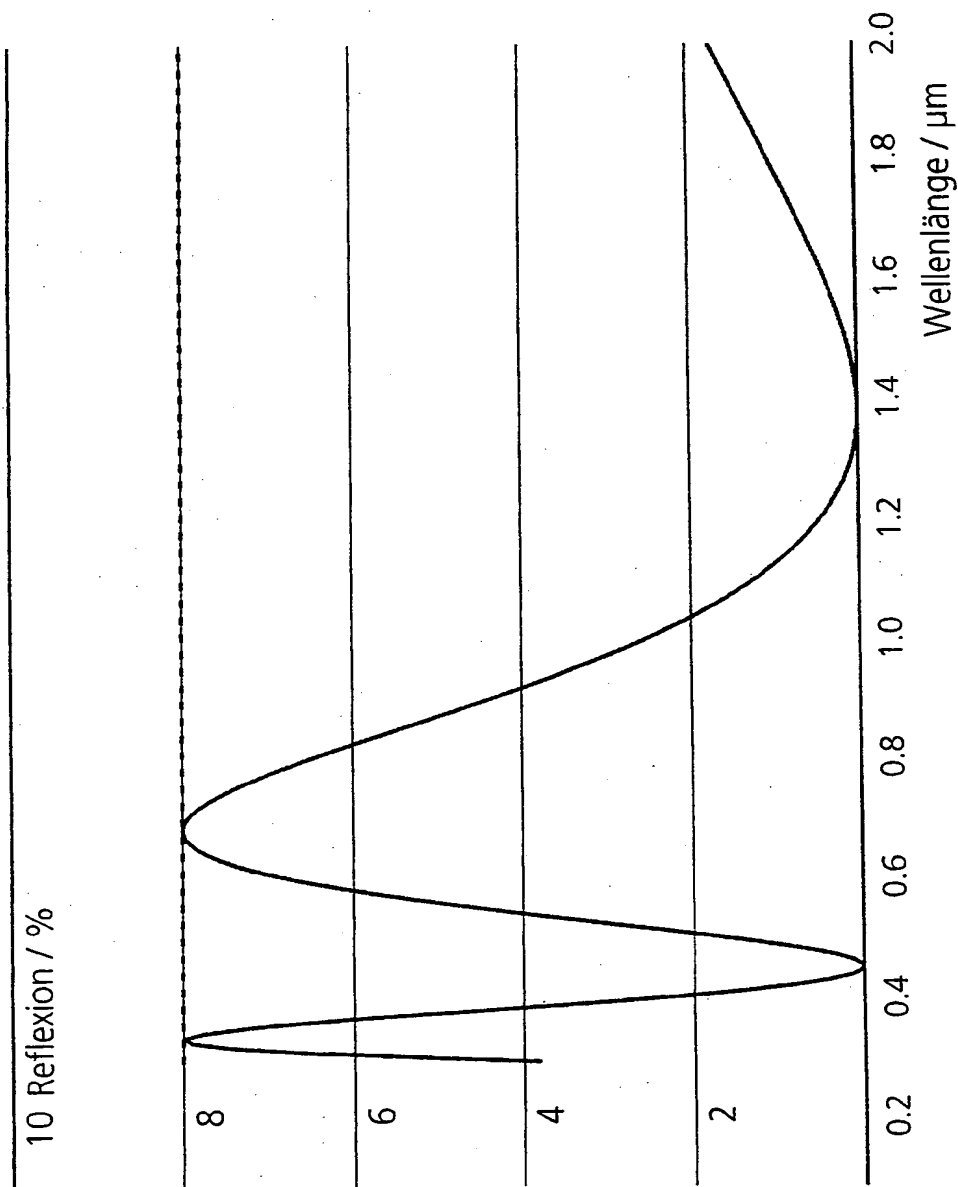
Neben den erwähnten Sol-Gel-Schichten sowie Rechteckgitterstrukturen ist es möglich, die Oberflächen der transparenten Substrate mittels Ätztechnik derart zu bearbeiten, so daß die Substratoberfläche Poren aufweist, deren Größen weit unterhalb der optischen Lichtwellenlänge liegen. Mit Hilfe geeigneter Ätztechniken lassen sich Poren in der Größenordnung von 10 bis 30 nm herstellen. Das Schichtsystem ist auf diese Weise Teil des Substrates.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß das erfindungsgemäße Schichtsystem besonders geeignet ist, großflächige Farbeindrücke zu definieren, die insbesondere für Blau-, Purpur- und Gelbtöne geeignet sind. Überdies stellt das Schichtsystem ein preisgünstiges Einschicht-System dar, daß verglichen mit an sich bekannten Schichtsystemen transmissionserhöhende Eigenschaften aufweist. Aufgrund der anorganischen Natur von besonders geeigneten porösen Sol-Gel-Schichten vermag die Schichttemperaturen bis zu 1000°C standzuhalten.

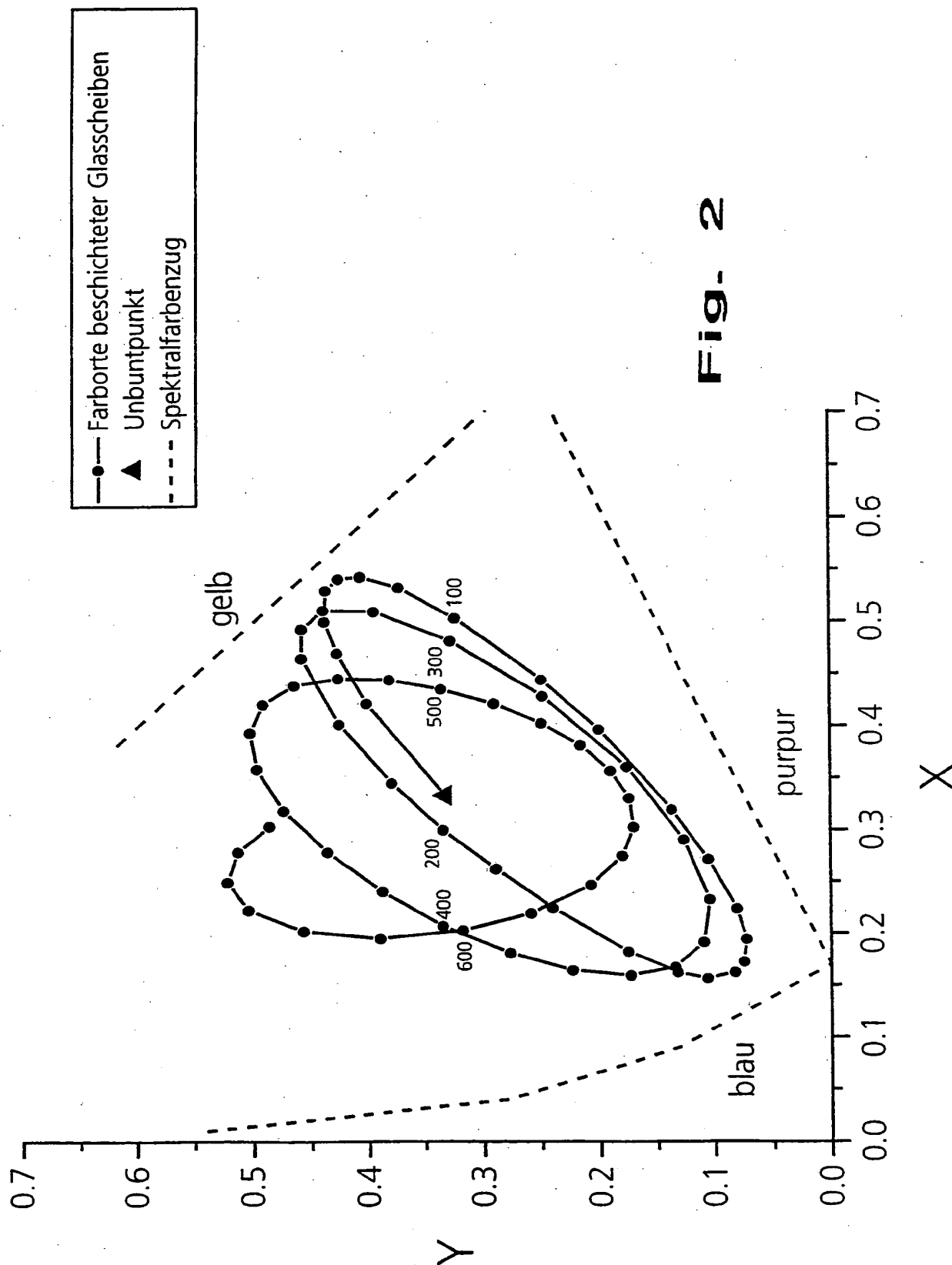
#### Patentansprüche

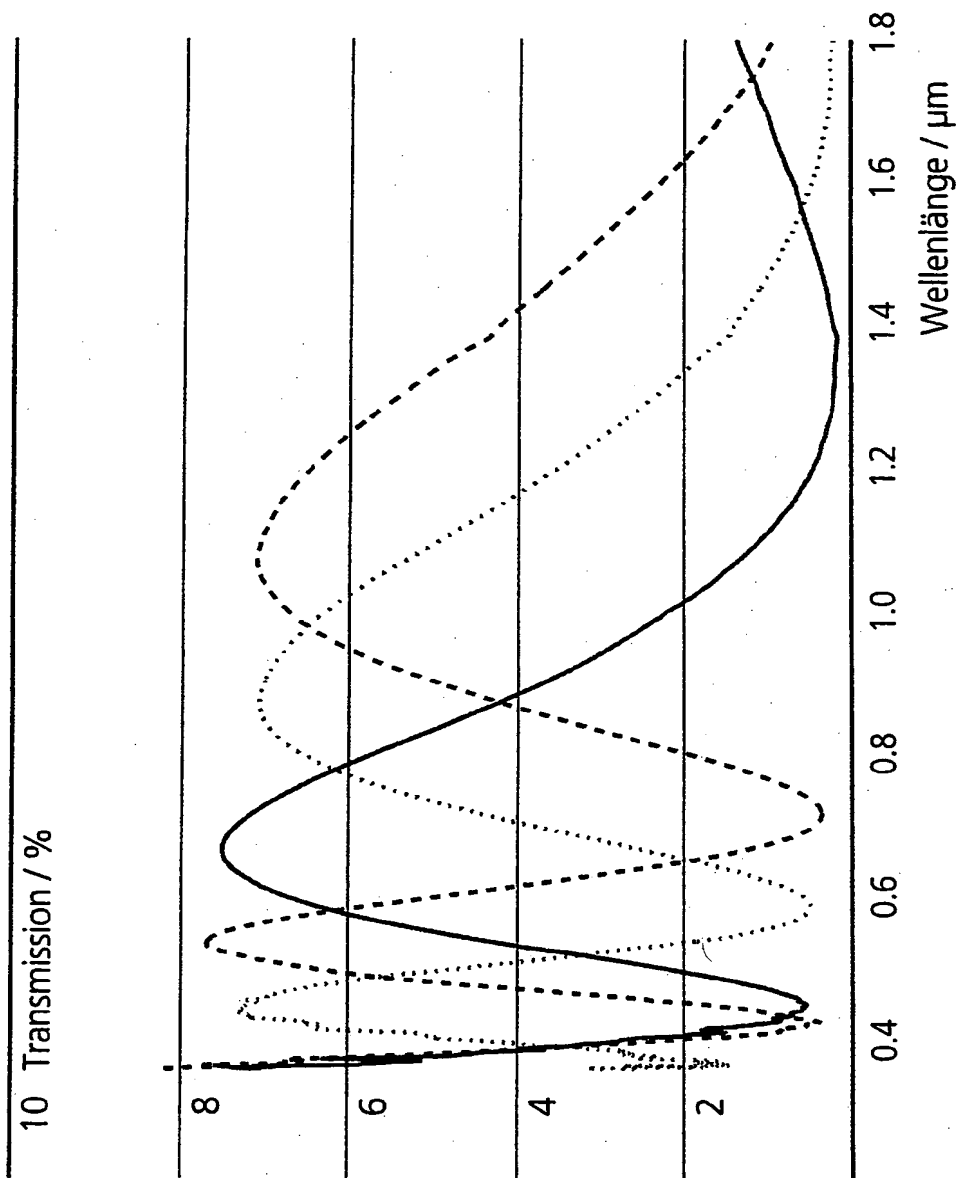
1. Schichtsystem, das wenigstens einseitig auf ein optisch transparentes, flächig ausgebildetes Substrat aufbringbar ist und zur Beeinflussung des sich durch Reflexion an der Oberfläche des Schichtsystems ergebenden spektralen Farbeindruckes dient, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Schichtsystem aus optisch transparentem Material besteht, dessen Brechungsindex gleich oder in etwa der Quadratwurzel des Brechungsindex des Substrates entspricht.
2. Schichtsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Material des Schichtsystems aus einer Mischung aus Luft und einem Festkörper besteht.
3. Schichtsystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Schichtsystem auf das Substrat beidseitig, d. h. auf zwei gegenüberliegenden Oberflächen des Substrates aufgebracht ist.
4. Schichtsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Schichtsystem eine Sol-Gel-Schicht ist.
5. Schichtsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Schichtsystem ein periodisch strukturiertes Rechteckgitter mit einer Periodizität im Subwellenlängenbereich ist.
6. Schichtsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke des Schichtsystems 80 bis 700 nm beträgt.
7. Schichtsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Schichtsystem durch Ätzen der Oberfläche des transparenten Substrats herstellbar ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen



**Fig- 1**





**Fig- 3**